
КОГНИТИВНЫЕ И СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 548.02

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ РЕЧЕВЫХ НАРУШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИИ И РЕГИСТРАЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

© 2021 г. А.Н. Коростелёва*, И.Г. Маланчук, С.И. Карташов,
Д.Г. Малахов, Ю.И. Холодный

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

**E-mail: Korosteleva_AN@nrcki.ru*

Разработана комплексная методика исследования нейрональных процессов восприятия и продуцирования речи – методический инструмент для выявления психологических факторов и аспектов речевых нарушений (заикание), а также для исследования физиологических показателей. Такой подход позволит выявить ключевые признаки, что даст специалистам по лечению заикания возможность отслеживать изменения нейрональной активности и других психофизиологических показателей для достижения устойчивой нормализации речи.

ВВЕДЕНИЕ

В последние два десятилетия продолжает возрастать интерес к нейрофизиологическим исследованиям речевых нарушений, в частности, заикания. Заикание состоит из множества разнообразных симптомов, включающих в себя спазматические задержки, нарушение темпа и ритма речи, логофилию, навязчивые мысли, приспособительные уловки и т.д. [1]

В настоящее время в изучении процессов заикания для визуализации активности мозга используется метод фМРТ (функциональная магнитно-резонансная томография). Большинство исследований сосредоточено на узком спектре задач, связанных с продуцированием речи, как правило, на этапе произношения. Это можно объяснить тем, что заикание долгое время рассматривалось лишь со стороны нарушения продуцирования речи, при этом не уделялось достаточного внимания на моторно-поведенческие реакции и характер протекания мыслительных процессов. Существующий подход к изучению заикания дает довольно ограниченную картину процессов, протекающих в головном мозге.

Терапия заикания позволяет исследовать изменения нейрональной активности у пациентов до лечения и на разных стадиях терапии – вплоть до

устойчивой нормализации речи [2]. Таким образом, работа идёт с целым рядом факторов развития и динамики лечения заикания – психологическими, социально-психологическими, неврологическими, что позволяет понять общие механизмы заикания у тех или иных групп испытуемых, так и реализовать индивидуальный подход в процессе лечения и диагностики нейрональных изменений, коррелирующих с показателями эффективности лечения заикания и психологического сопровождения пациента.

В данной работе описан комплексный подход к исследованию заикания в процессе терапии, который включает в себя методы нейровизуализации, психофизиологические методы и анализ физиологических показателей.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

Метод функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) на сегодняшний день является основным инструментом в изучении нейрофизиологических процессов в головном мозге. Для изучения процессов заикания фМРТ впервые было использовано в 2003 году, и за 17 лет исследователи перешли от изучения локальных активаций к функциональной связности между интересующими областями мозга [3]. Эффективность примене-

ния метода фМРТ головного мозга для изучения заикания показана в обзорной статье [4]. ФМРТ является одной из ведущих методик картирования функциональных зон и нейросетей головного мозга ввиду ее неинвазивности и хорошего пространственного разрешения, но при этом обладает низким временным разрешением, которое не способно зафиксировать быстрые речевые процессы.

Для регистрации быстрых нейрофизиологических процессов впервые предложено использовать айтрекинг (eye tracking) в качестве одного из показателей функциональных нарушений мозговой активности у заикающихся, основываясь на том, что при рассматривании изображений, чтении текста и решении других задач движение глаз отражает когнитивные процессы в мозге человека [5]. Так, при совместной обработке данных айтрекинга и фМРТ, фиксации глаз используются в качестве событий в функциональной магнитно-резонансной томографии для выявления процессов кортикальной обработки во время произвольного визуального мониторинга объектов. Фиксации тесно связаны с процессом обработки визуальной информации и, по мнению авторов [5], могут рассматриваться в качестве «единиц информации». В течение таких событий, именуемых фиксациями, зрительная система отбирает информацию из окружающей среды для последующего анализа, а также собирает информацию с периферии поля зрения, необходимую для планирования следующей саккады для перемещения взгляда в точку пространства. Саккады и фиксации являются измеряемыми событиями, генерируемыми мозгом и, таким образом, тесно связаны с процессами обработки информации и планирования действий. Это означает, что целесообразно использовать фиксации как событие при исследовании зрительных и когнитивных процессов. Таким образом, с помощью методики совместной обработки данных айтрекинга и фМРТ парадигмы могут быть представлены таким образом, чтобы дать возможность исследования непринужденного, естественного зрительного поведения в фМРТ-экспериментах исследования групп людей в процессе терапии лечения заикания, тем самым выявить те особые паттерны активации, которые нельзя увидеть при обычной обработке фМРТ-данных.

Помимо совместной обработки, статистическая обработка данных айтрекинга показала устойчивые различия в глазодвигательных реакциях при выполнении тестовых задач у групп испытуемых [6]. Айтрекинг как самостоятельный метод

изучения механизмов зрительного восприятия применим для поиска информативных показателей функциональных нарушений в головном мозге.

Большое влияние на активность мозга оказывает дыхание. Ритм дыхания может оказывать влияние на активность лимбической системы, а значит, и на эмоции и когнитивные функции [7] и наоборот. Электрическая активность обонятельной коры и участков лимбической системы, включая миндалевидное тело и гиппокамп, синхронизирована с ритмом дыхания, причем при вдохе активность нейронов в этих участках возрастает по сравнению с выдохом. Таким образом, дыхание является мощным инструментом не только в продуцировании речи, оно активно влияет на определенные участки мозга, следовательно, является ключевым признаком для отслеживания динамики заикания.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Помимо приборной составляющей, методика включает в себя спектр задач для выявления устойчивых состояний, психологических факторов и аспектов заикания.

Заикание имеет психологический аспект, возникающий в результате нарушения речевой коммуникации. Необходима диагностика психологических, психо- и нейрофизиологических изменений, коррелирующих с показателями эффективности лечения заикания и психологического сопровождения пациента для большего понимания протекания внутренних процессов в речевой терапии. Таким образом, на каждом этапе исследования составляется детальный анамнез испытуемого.

Для фМРТ-исследований критически важно сохранить неподвижное положение головы, в то время как заикание характеризуется непроизвольными спазматическими моторными движениями. Поэтому исследование нейросетевых механизмов происходит при выполнении задач обработки вербальной информации с использованием внутренней речи или без участия речи – resting state (состояние покоя). Подобные типы задач апробированы в исследованиях [8, 9] и были получены устойчивые результаты.

При выполнении задач на внутреннюю речь (испытуемый говорит про себя) люди с заиканием имеют повышенную активацию в дополнительной моторной зоне (supplementary motor cortex), инсule (insula) и угловой извилине (angular gyrus) [8]. Результаты указывают на наличие функциональных недостатков слуховой обработки, моторного планирования.

В исследовании [9] показано, что различия в активности мозга между группой испытуемых с заиканием и контрольной группой существуют при отсутствии задачи, когда человек находится в состоянии покоя (resting state). Более того, у людей с заиканием снижена связь между некоторыми регионами головного мозга: дополнительной моторной зоне, базальными ганглиями (basal ganglia) и двусторонней верхней височной извилиной (bilateral superior temporal gyrus). Эти изменения, вероятно, влияют на сенсомоторную интеграцию во время речи. Кроме того, было обнаружено увеличение связности между мозжечком (cerebellum) и нижней лобной извилиной (inferior frontal gyrus), что положительно коррелировало с тяжестью заикания. Авторы исследования предположили, что увеличение связности этих областей указывает на механизм компенсации [9].

Помимо удобства использования таких типов задач в фМРТ, ввиду неподвижного положения головы, вместо одномоментных динамических активностей в задачах на продуцирование речи вслух нами исследуются устойчивые паттерны головного мозга.

К сожалению, типы задач на внутреннюю речь и без участия речи пока не нашли широкого применения в исследовании заикания, что указывает на узкое понимание проблемной области. В своем исследовании мы рассчитываем популяризировать данный комплексный подход к изучению заикания для получения более объективной и достоверной информации.

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Была разработана комплексная методика, включающая, помимо фМРТ-исследования нейрональных процессов восприятия и продуцирования речи, методический инструментарий для выявления психологических факторов и аспектов заикания, а также исследование физиологических показателей дыхания и глазодвигательных реакций.

Приводится краткое описание каждого этапа методики:

1. Психологическое тестирование

Заикание возникает при вербальном социальном взаимодействии, что вызывает повышение уровня тревожности. Необходимо выявить динамику тревожности и особенности поведения испытуемого на определенных этапах эксперимента, для этого используются:

Тест Спилберга – Ханина, который направлен на диагностику личностной и ситуативной тревожности;

Опросник САН для оценки актуального самочувствия, активности и настроения;

The Amsterdam Resting State – опросник об изменении сознания в состоянии покоя

Помимо этого, экспериментаторы оценивают поведение испытуемого (оценка эмоций, социальной дистанции, визуальный контакт, речевая активность) на этапах исследования: установления контакта, ознакомления с инструкцией, подготовки к эксперименту, завершения эксперимента.

Внутренняя и внешняя оценка состояния испытуемого необходима для получения объективных данных и оценивания искаженности результатов тестов с точки зрения уровня осознания и мотивов испытуемого.

2. Resting state

На втором этапе пациент находится в состоянии покоя (Resting state), в котором не выполняет никаких задач. Испытуемому дается инструкция: «В течении всего времени эксперимента Вам нужно лежать с закрытыми глазами и постараться расслабиться, но при этом не уснуть».

Исследуются речевые, моторные и слуховые области в состоянии покоя путем анализа амплитуды низкочастотных колебаний (ALFF) и функциональной связности.

3. Исследование речевых механизмов

На третьем этапе пациент выполняет задачи обработки вербальной информации с использованием внутренней речи: зрительное восприятие текста, продуцирование произвольной и подготовленной речи, интерпретация информации. Испытуемому необходимо прочитать / пересказать / ответить на вопросы про себя таким образом, словно он проговаривает читаемое или отвечает другому человеку (например, экспериментатору). Подобный акцент в задаче необходим для имитации вербального социального взаимодействия.

Исследуются механизмы адаптации, стратегии поведения, устойчивые паттерны речевых и моторных нарушений и функциональная связность между областями планирования и воспроизводства речи.

ВЫВОДЫ

Данный комплексный метод может быть использован в научных исследованиях речевых нарушений. Любое речевое расстройство следует

изучать в более широком контексте данных. Большинство исследований игнорирует состояние процессов внимания, восприятия, памяти, пластичность мышления, индивидуальные психические и личностные особенности лиц с заиканием. В современных исследованиях крайне мало внимания уделяется терапии, а именно изучению динамики функциональных связей в головном мозге под ее воздействием. Этот аспект также акцентирован в данной методике. Реализуемый комплексный подход позволит оценить динамику вклада различных типов факторов в процессе терапии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арутюнян Л.З. *Как лечить заикание*. – М., 1993.
2. Neumann, K., Euler, H.A., von Gudenberg, A.W., Giraud, A.-L., Lanfermann, H., Gall, V., and Preibisch, C. (2004). The nature and treatment of stuttering as revealed by fMRI: A within and between-group comparison. *Journal of Fluency Disorders*, 28(4): 381–410.
3. Van Borsel, J., Achten, E., Santens, P., Lahorte, P., and Voet, T. (2003). fMRI of developmental stuttering: a pilot study. *Brain and Language*, 85(3):369–376.
4. Etchell, A.C., Civier, O., Ballard, K.J., & Sowman, P.F. (2018). A systematic literature review of neuroimaging research on developmental stuttering between 1995 and 2016. *Journal of fluency disorders*, 55: 6–45.
5. Marsman, J.B. C., Renken, R., Velichkovsky, B.M., Hooymans, J.M., & Cornelissen, F.W. (2012). Fixation based event-related fMRI analysis: Using eye fixations as events in functional magnetic resonance imaging to reveal cortical processing during the free exploration of visual images. *Human Brain Mapping*, 33(2), 307–318.
6. Mishulina, O., Skripko, O., Korosteleva, A. (2018). Some features of eye movements during reading and retelling the text by people with stuttering. *Procedia computer science*, 123, 328–333.
7. Mills, M., Alwatban, M., Hage, B., Barney, E., Truemper, E.J., Bashford, G.R., & Dodd, M.D. (2017). Cerebral hemodynamics during scene viewing: Hemispheric lateralization predicts temporal gaze behavior associated with distinct modes of visual processing. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 43(7), 1291.
8. Lu, C., Long, Y., Zheng, L., Shi, G., Liu, L., Ding, G., & Howell, P. (2016). Relationship between speech production and perception in people who stutter. *Frontiers in human neuroscience*, 10: 224.
9. Xuan, Y., Meng, C., Yang, Y., Zhu, C., Wang, L., Yan, Q., Lin, C., and Yu, C. (2012). Resting-state brain activity in adult males who stutter. *PloS one*, 7(1): e30570–e30570